

Patent Application Publication

DE 101 07 892 A1

(54) Process for identification of the sensor wheel error in operation during driving

(57) The invention relates to a process for identification of the sensor wheel error, preferably for sensor wheels on the crankshaft of internal combustion engines. The object of the invention is to identify the error caused by the production tolerances of the sensor wheel and its mounting, and to determine the segment-specific correction value which is independent of the speed for compensation of these errors.

A sensor (2) which is stationary relative to the sensor wheel (1) scans the segments of the sensor wheel (1) and from the recorded pulse train for each sensor wheel segment an angular velocity is computed, and error identification is to take place in thrust operation of the engine. Proceeding from the kinetic energy of the crankshaft

$$E_{kin} = 1/2 \Theta \varphi^2$$

for each segment of the sensor wheel, an error value is determined from the process equation

$$\ddot{E} + G_{Saug} \cdot p_{Saug} + G_{Abgas} \cdot p_{Abgas} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

φ_e being the measured, faulty angular velocity and the error value δ' being defined preferably as a differential angular error with

$$\dot{\varphi}_e = \dot{\varphi} (1 - \delta')$$

Θ being the mass moment of inertia of the crankshaft and the kinetic energy being divided into a speed-dependent portion E which is constant over the crank angle and a gas moment-dependent

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DE 101 07 892 A1

portion E_p for $E = E + E_p$. The portion E is computed over one crankshaft revolution from the averaged angular velocity φ and the average mass moment of inertia

$$\Theta \text{ at } E = 1/2 \Theta \varphi^2$$

the portion E_p as the sum from one to the intake manifold pressure p_{intake} , to the exhaust counterpressure p_{exhaust} and to the atmospheric pressure p_0 ...

Flow chart:

Übergang in Fahrbetrieb - transition to operation during driving

Fahrzeug im Schub - vehicle in thrust

Ladedruck- und AGR-Steller auf Meßbetrieb - charge pressure and exhaust controller to measuring mode

Schub - thrust

Überschreitung der 1. Meßdrehzahl - failure to reach first measurement speed

Drehverlauf aufzeichnen - record speed characteristics

Gleichungssystem lösen - solve equation system

Ende - end

ja - yes

nein - no

THIS PAGE BLANK (USPTO)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 07 892 A 1

51 Int. Cl. 7:
G 01 P 3/481
G 01 P 21/00
F 02 D 41/00

21 Aktenzeichen: 101 07 892.7
22 Anmeldetag: 16. 2. 2001
43 Offenlegungstag: 5. 9. 2002

DE 101 07 892 A 1

71 Anmelder:
IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr,
10587 Berlin, DE

72 Erfinder:
Schmidt, Thorsten, 38118 Braunschweig, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zur Identifikation des Geberradfehlers im Fahrbetrieb

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Identifikation des Geberradfehlers, vorzugsweise für Geberräder an der Kurbelwelle von Brennkraftmaschinen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den aus Fertigungstoleranzen des Geberrades sowie dessen Anbau bedingten Fehler zu identifizieren und einen segmentspezifischen, drehzahlunabhängigen Korrekturwert zum Ausgleich dieser Fehler zu ermitteln.

Ein relativ zum Geberrad (1) feststehender Sensor (2) tastet dabei die Segmente des Geberrades (1) ab und aus der aufgenommenen Pulsfolge für jedes Geberradsegment wird eine Winkelgeschwindigkeit berechnet, wobei die Fehleridentifikation im Schubbetrieb des Motors erfolgen soll. Ausgehend von der kinetischen Energie der Kurbelwelle

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \Theta \dot{\varphi}^2$$

für jedes Segment des Geberrades, wird ein Fehlerwert aus der Verfahrensgleichung

$$\ddot{E} + G_{Saug} \cdot p_{Saug} + G_{Abgas} \cdot p_{Abgas} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

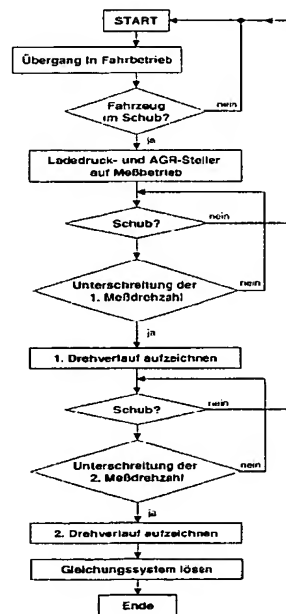
ermittelt, wobei $\dot{\varphi}_e$ die gemessene, fehlerbehaftete Winkelgeschwindigkeit ist und der Fehlerwert δ' vorzugsweise als differentieller Winkelfehler mit

$$\dot{\varphi}_e = \dot{\varphi} (1 - \delta')$$

definiert ist, Θ das Massenträgheitsmoment der Kurbelwelle ist und die kinetische Energie in einen über dem Kurbelwinkel konstanten, drehzahlabhängigen Anteil \bar{E} und einen gasmomentabhängigen Anteil E_p zu $E_{kin} = \bar{E} + E_p$ aufgeteilt wird. Der Anteil \bar{E} wird über eine Kurbelwellenumdrehung aus der gemittelten Winkelgeschwindigkeit $\bar{\varphi}$ und dem mittleren Massenträgheitsmoment

$$\bar{\Theta} \text{ zu } \bar{E} = \frac{1}{2} \bar{\Theta} \bar{\varphi}^2$$

berechnet, wobei der Anteil E_p sich als Summe aus einem zum Saugrohrdruck p_{Saug} , zum Abgasgegendruck p_{Abgas} und zum Atmosphärendruck p_0 ...



DE 101 07 892 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Identifikation des Geberradfehlers nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Verfahren zur Identifikation und Kompensation des Geberradfehlers sind insbesondere zur genauen Ermittlung der Motordrehzahl und zur Lagebestimmung der Kurbelwelle notwendig. Die Motordrehzahl beeinflusst eine Reihe von Funktionen der Motorsteuerung. Fehler oder Ungenauigkeiten der Drehzahlerfassung wirken sich z. B. negativ auf die Regelkreise der Leerlauf- und Laufruhe-Regelung aus. Weiterhin ist eine genaue Erfassung der Winkelgeschwindigkeit für kurbelwinkelgesteuerte Einspritzsysteme (z. B. Pumpe-Düse-Einspritzsysteme) notwendig, da aus der Momentan-Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle Einspritzbeginn und -ende extrapoliert werden.

[0003] Allgemein vorbekannt ist es, zur Messung der Drehzahl und Winkellage der Kurbelwelle von Brennkraftmaschinen ein mit der Kurbelwelle umlaufendes Geberrad drehfest anzuordnen, das Markierungen oder Segmente aufweist, die von einem feststehenden Sensor abgetastet werden. Allgemein üblich sind metallische Geberräder z. B. mit einer 60-2 Zahnteilung, die von einem Hall-Sensor oder einem induktiven Geber abgetastet werden, wobei die so erzeugte Pulsfolge ausgewertet und daraus Drehzahl und Winkelstellung der Kurbelwelle berechnet werden.

[0004] Vorbekannt ist aus der Schrift DE 195 40 674 A1 ein Adaptionsverfahren zur Korrektur von Toleranzen eines Geberrades. Es werden für jedes Geberradsegment drehzahlabhängige Adaptionswerte berechnet und in einem Kennfeld (Zahnsegment/Drehzahlbereich) abgespeichert. Die Adaptionswerte werden aus der Messung der Durchlaufzeiten der Einzelsegmente bezogen auf einen Mittelwert über eine gesamte Umdrehung des Geberrades berechnet. Der Einfluss des Quantisierungsfehlers sowie des Last-, Massen- und Gasmomentes werden in einer Kleinsignalnäherung auf Schwankungen in der gemessenen Zeitdauer zwischen zwei Segmenten umgerechnet. Es werden segmentspezifische Adaptionswerte gebildet, wobei die Fertigungstoleranzen des Geberrades, dessen Anbaufehler sowie der Einfluss der drehzahlabhängigen Massen- und Gaskräfte in die Adaptionswerte eingehen.

[0005] Die Adaptionswerte beinhalten die vom Geberrad herrührenden Zahnteilungsfehler, Fehler der Zentrierung beim Anbau und die vom Motor durch Last- und Massenmomente sowie die Gaskräfte herrührenden Drehungleichförmigkeiten. Die von den Massen- und Gaskräften herrührenden, auf die Kurbelwelle einwirkenden Momente wirken sich in einer ungleichmäßigen Winkelgeschwindigkeit aus, sind jedoch keine Fehler des Geberrades. Der Einfluss dieser Momente ist zudem drehzahlabhängig, sodass für verschiedene Drehzahlbereiche jeweils Korrekturwerte ermittelt werden müssen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den aus Fertigungstoleranzen des Geberrades sowie dessen Anbau bedingten Fehler zu identifizieren und einen segmentspezifischen, drehzahlunabhängigen Korrekturwert zum Ausgleich dieser Fehler zu ermitteln.

[0007] Diese Aufgabe wird bei gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird für jedes Segment ein Korrekturwert ausgehend von der kinetischen Energie der Kurbelwelle ermittelt. Die auf die Kurbelwelle einwirkenden Momente werden erfindungsgemäß vorteilhaft in einen drehzahlabhängigen, über den Kurbelwinkel konstanten sowie einen vom Kurbelwinkel abhängigen Anteil aufgeteilt. Diese Trennung ermöglicht die Bestimmung der vom Geberrad und dessen Anbau herrührenden Fehler (Zahnteilungsfehler und Fehler der Zentrierung zur Kurbelwelle) unabhängig von den Gaskräften und Lastmomenten. Es ist damit ein drehzahlunabhängiger Fehlerwert für jedes Segment ermittelbar.

[0009] Erfindungsgemäß vorteilhaft können die Funktionen G_{Saug} , G_{Abgas} und G_0 aus der Motorgeometrie und den Steuerzeiten berechnet werden. Die Korrekturwerte für die Geberradsegmente sind dabei durch die Messung der Winkelgeschwindigkeit und der Druckwerte bestimmbar.

[0010] Erfindungsgemäß vorteilhaft können die Parameter G_{Saug} , G_{Abgas} und G_0 entsprechend Anspruch 2 durch Messungen in verschiedenen Drehzahlbereichen bestimmt werden. Man kann diese Parameter und somit den Fehlerwert durch Lösen eines Gleichungssystems bestimmen, wobei durch n Messungen n Gleichungen für die Bestimmung der n Unbekannten aufgestellt und gelöst werden. Im Falle der grundlegenden Verfahrensgleichung nach Anspruch 1 werden für jedes Segment 4 Messungen benötigt, um G_{Saug} , G_{Abgas} , G_0 und δ' zu bestimmen.

[0011] Wird einer oder werden mehrere der Parameter durch Berechnung bestimmt, so werden entsprechend weniger Messungen pro Segment benötigt.

[0012] Erfindungsgemäß vorteilhaft werden entsprechend Anspruch 3 der Abgasgegendruck P_{Abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten, wodurch die Terme $G_{\text{Abgas}} \cdot P_{\text{Abgas}}$ und $G_0 \cdot p_0$ zu $E_{03} = G_{\text{Abgas}} \cdot P_{\text{Abgas}} + G_0 \cdot p_0$ zusammengefasst werden und sich die Verfahrensgleichung zu

$$\tilde{E} + G_{\text{Saug}} \cdot P_{\text{Saug}} + E_{03} = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

ergibt, die durch drei Messungen in verschiedenen Drehzahlbereichen gelöst wird. Wird in der Gleichung die Funktion G_{Saug} entsprechend Anspruch 4 berechnet, können die Unbekannten E_{03} und δ' durch zwei Messungen bestimmt werden.

[0013] In vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechend Anspruch 5 werden der Saugrohrdruck p_{Saug} , der Abgasgegendruck P_{Abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten, wobei die G-Terme zu $E_{013} = G_{\text{Saug}} \cdot p_{\text{Saug}} + G_{\text{Abgas}} \cdot P_{\text{Abgas}} + G_0 \cdot p_0$ zusammengefasst werden, da diese als Konstanten im Gleichungssystem erscheinen. Der Geberradfehler δ' wird dann durch die

$$\tilde{E} + E_{013} = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

mit zwei Messungen ermittelt.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden entsprechend Anspruch 6 die kurbelwinkelperiodischen Nebenmomente, wie sie z. B. vom Ventiltrieb oder den Einspritzelementen herrühren, in die Berechnung der kinetischen Energie der Kurbelwelle einbezogen. Der Wechselanteil der Energie für den Nebentrieb berechnet sich aus dem Wechselanteil \tilde{M}_{Neben} des Nebenmoments M_{Neben} durch Integration über den Kurbelwinkel φ :

$$E_{\text{Neben}} = \int \tilde{M}_{\text{Neben}} d\varphi$$

[0015] Die allgemeine Verfahrensgleichung unter Berücksichtigung der Nebenmomente lautet dann

$$\bar{E} + E_{\text{Neben}} + G_{\text{Saug}} \cdot p_{\text{Saug}} + G_{\text{Abgas}} \cdot p_{\text{Abgas}} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

[0016] Die Größe E_{Neben} ist ein Parameter und erhöht somit nicht die Zahl der Unbekannten in der Verfahrensgleichung.

[0017] Die Erweiterung der Verfahrensgleichung um E_{Neben} ist bei allen Ausgestaltungen (Ansprüche 1–5) möglich, wodurch sich die Genauigkeit der Berechnung des Geberradfehlers erhöht.

[0018] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden in der Zeichnung anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0019] Hierbei zeigt:

[0020] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Aufbaus zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0021] Fig. 2 einen Ablaufplan zur Durchführung des Verfahrens.

[0022] Fig. 1 zeigt einen möglichen Aufbau zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Prinzipdarstellung. Ein Geberrad 1 mit umfangsverteilter Markierungen, vorzugsweise Zahnsegmenten – nicht dargestellt – ist drehfest mit einer Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors – nicht dargestellt – verbunden, wobei ein relativ zum Geberrad 1 feststehender Sensor 2 die Markierungen auf dem Geberrad 1 überwacht und eine dazu äquivalente Pulsfolge erzeugt, welche eingangsseitig einer an den Sensor 2 angeschlossenen Auswerteeinheit 3 anliegt. Es wird die Zeit Δt zwischen zwei Nulldurchgängen der Pulsfolge, welche die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahnsegmenten repräsentiert, mit einem Timerbaustein gemessen und mit der Zahnteilung Δz des Geberrades wird nach Formel

$$\dot{\varphi} = \frac{\Delta z}{\Delta t} \quad (1)$$

die Winkelgeschwindigkeit des Motors berechnet. Die Zahnteilung Δz ist aufgrund von Fertigungstoleranzen nicht konstant. Zusätzlich wirken sich Anbaufehler oder Beschädigungen des Geberrades (Deachsierung und Höhenschlag) als Fehler auf die Winkelgeschwindigkeit aus. Weiterhin können von der Kurbelwinkelstellung abhängige, asymmetrische Streufelder die Winkelgeschwindigkeit verfälschen. Diese Fehler verschieben die Nulldurchgänge des Signals um einen Fehlerwinkel $\Delta \varphi$.

[0023] Das Steuergerät misst dadurch eine fehlerbehaftete Winkelgeschwindigkeit, die sich damit zu

$$\dot{\varphi}_e = \frac{\Delta z - \Delta \varphi}{\Delta t} \quad (2)$$

ergibt. Der differentielle Geberradfehler ist mit

$$\delta' = \frac{\Delta \varphi}{\Delta z} \quad (3)$$

definiert, wobei durch algebraisches Umformen von (2) und Einsetzen von (3) die fehlerbehaftete Winkelgeschwindigkeit

$$\dot{\varphi}_e = \frac{\Delta z}{\Delta t} - \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \dot{\varphi} - \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \frac{\Delta z}{\Delta z} = \dot{\varphi} - \dot{\varphi} \frac{\Delta \varphi}{\Delta z} = \dot{\varphi} \left(1 - \frac{\Delta \varphi}{\Delta z} \right) = \dot{\varphi} (1 - \delta') \quad (4)$$

lautet und der differentielle Geberradfehler δ' durch das erfindungsgemäße Verfahren berechnet wird. Die korrekte Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ ergibt sich nach

$$\dot{\varphi} = \frac{\dot{\varphi}_e}{(1 - \delta')} \quad (5)$$

[0024] Zur Berechnung des Geberradfehlers wird der Energieerhaltungssatz für die kinetische Energie der Kurbelwelle nach

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \Theta \dot{\varphi}^2 \quad (6)$$

aufgestellt, wobei Θ das Massenträgheitsmoment der Kurbelwelle ist, das aufgrund der Kurbelkinematik eine Funktion

des Kurbelwinkels ist. Diese Funktion wird mit den Massen und Abmessungen von Kurbelwelle, Kolben und Pleuel berechnet und steht somit als bekannter Parameter zur Verfügung. Durch Einsetzen der fehlerbehafteten Winkelgeschwindigkeit $\dot{\phi}_e$ nach (4) ergibt sich die kinetische Energie der Kurbelwelle zu

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\phi}_e^2}{(1 - \delta')^2} \quad (7).$$

[0025] Die kinetische Energie E_{kin} lässt sich aufteilen in einen über den Kurbelwinkel konstanten, aber drehzahlabhängigen Anteil \tilde{E} und einen gasmomentabhängigen Anteil E_p , woraus sich

$$E_{kin} = \tilde{E} + E_p \quad (8)$$

ergibt.

[0026] Der drehzahlabhängige Anteil \tilde{E} ist mit der über eine Kurbelwellenumdrehung gemittelten Winkelgeschwindigkeit $\bar{\phi}$ und dem mittleren Massenträgheitsmoment Θ nach

$$\tilde{E} = \frac{1}{2} \Theta \bar{\phi}^2 \quad (9)$$

berechenbar.

[0027] Der Anteil E_p ist aufgrund der periodischen Ladungswechsel-, Kompressions- und Verbrennungskräfte abhängig vom Saugrohrdruck und dem Verbrennungsverlauf.

[0028] Im Schub findet keine Verbrennung statt, somit gibt es auch keine Verbrennungskräfte. Die Energiebeiträge von Ladungswechsel, Kompression und Expansion lassen sich in einen zum Saugrohrdruck p_{saug} proportionalen Anteil, einen zum Abgasgegendruck p_{abgas} proportionalen Anteil und einen zum Atmosphärendruck p_0 abhängigen Anteil aufteilen. Daraus ergibt sich

$$E_p = G_{saug} \cdot p_{saug} + G_{abgas} \cdot p_{abgas} + G_0 \cdot p_0 \quad (10)$$

[0029] Die Funktionen G_{saug} , G_{abgas} und G_0 sind Funktionen des Kurbelwinkels, abhängig von den konstruktiven Abmessungen des Kurbeltriebs und den Ventilsteuerzeiten.

[0030] Die gesamte kinetische Energie E_{kin} wird durch folgende Formel beschrieben

$$E_{kin} = \tilde{E} + G_{saug} \cdot p_{saug} + G_{abgas} \cdot p_{abgas} + G_0 \cdot p_0 \quad (11).$$

[0031] Eingesetzt in (7) ergibt sich die allgemeine Grundgleichung des Verfahrens zu

$$\tilde{E} + G_{saug} \cdot p_{saug} + G_{abgas} \cdot p_{abgas} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\phi}_e^2}{(1 - \delta')^2} \quad (12).$$

[0032] Aus dieser allgemeinen Verfahrensgleichung lassen sich mehrere Teilverfahren ableiten, welche sich hinsichtlich der Randbedingungen und des Rechenaufwands unterscheiden.

[0033] Für das allgemeine Verfahren erfolgen keine Annahmen bzw. Voraussetzungen bezüglich G_{saug} , G_{abgas} und G_0 , wodurch die allgemeine Verfahrensgleichung folgende vier Unbekannte G_{saug} , G_{abgas} , G_0 und δ' beinhaltet. Zur Lösung dieser Gleichung müssen für jeden Kurbelwinkel die Momentangeschwindigkeit $\dot{\phi}_e$ als auch die Parameter p_{saug} , p_{abgas} und p_0 für jeden Zahn bei mindestens vier Umdrehungen gemessen werden. Die Daten der vier Messungen bilden ein Gleichungssystem mit vier Gleichungen.

[0034] Für die gemessenen vier Umdrehungen müssen die mittleren Geschwindigkeiten voneinander verschieden sein, um unabhängige Gleichungen zu erhalten. Durch Lösen des Gleichungssystems kann für jede Winkelstellung ein zugehöriger differentieller Geherradfehler δ' ermittelt werden.

[0035] Die Funktionen G_{saug} , G_{abgas} und G_0 ergeben sich aus der Motorgeometrie und den Ventilsteuerzeiten, sie sind somit als Parameter der allgemeinen Verfahrensgleichung berechenbar. Für jede explizite Berechnung einer G-Funktion reduziert sich die Zahl der Bestimmungsgleichungen und damit die Zahl der notwendigen Messungen um eins. Werden alle Parameter berechnet und die Druckwerte gemessen ist ein Messwert pro Winkelstellung ausreichend.

[0036] Wird während der Messungen der Abgasgegendruck p_{abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten, so können die Terme $G_{abgas} \cdot p_{abgas}$ und $G_0 \cdot p_0$ zu

$$E_{03} = G_{abgas} \cdot p_{abgas} + G_0 \cdot p_0 \quad (13)$$

zusammengefasst werden. Die Verfahrensgleichung lautet dann:

$$\tilde{E} + G_{saug} \cdot p_{saug} + E_{03} = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\phi}_e^2}{(1 - \delta')^2} \quad (14)$$

[0037] Für die drei Unbekannten G_{saug} , E_{03} und δ' müssen analog zu dem allgemeinen Verfahren drei Messungen

durchgeführt werden. Die Funktion G_{Saug} kann hierbei wiederum berechnet werden, sodass nur noch die Unbekannten E_{03} und δ' bleiben und zwei Bestimmungsmessungen ausreichen.

[0038] Werden für die Messungen der Saugrohrdruck p_{Saug} , der Abgasgegendruck p_{Abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten, so können die G -Terme zu

$$E_{013} = G_{\text{Saug}} \cdot p_{\text{Saug}} + G_{\text{Abgas}} \cdot p_{\text{Abgas}} + G_0 \cdot p_0 \quad (15)$$

zusammengefasst werden, sodass ausgehend von (12) die Verfahrensgleichung

$$\tilde{E} + E_{013} = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\phi}_e^2}{(1 - \delta')^2} \quad (16)$$

lautet.

[0039] Fig. 2 zeigt einen Ablaufplan zur Durchführung des Verfahrens in einem Blockschaltbild. Das dargestellte Verfahren zeigt eine mögliche Ausgestaltung, wobei der differentielle Geberradfehler durch ein Gleichungssystem mit 2 Unbekannten z. B. nach (16) bzw. Anspruch 5 ermittelt wird. Die Erfassung des Geberradfehlers erfolgt im Fahrbetrieb des Fahrzeuges. Als nächste Bedingung zur Durchführung des Verfahrens wird Schubetrieb überprüft. Das Verfahren wird nur im Schubetrieb durchgeführt, um den Einfluss der durch die Verbrennung verursachten, auf die Kurbelwelle einwirkenden Gaskräfte zu eliminieren.

[0040] Bei erkanntem Schubetrieb wird als weitere Bedingung geprüft, ob Ladedruck und AGR-Steller im Messbetrieb arbeiten, d. h. ob die zur Lösung der Gleichung benötigten Druckmesswerte ermittelt bzw. auf deren konstanten Wert hin überprüft werden können. Nachfolgend wird das Verbleiben im Schubetrieb überprüft und bei Unterschreiten einer ersten Messdrehzahl die Messung der segmentspezifischen Durchlaufzeiten bzw. der daraus ermittelten Winkelgeschwindigkeiten gestartet und für eine weitere Berechnung gespeichert. Befindet sich das Fahrzeug weiterhin im Schubetrieb und wird eine zweite Messdrehzahl unterschritten, wird der zweite Drehzahlverlauf aufgezeichnet. Durch die Messpunkte in unterschiedlichen Drehzahlbereichen können zwei unabhängige Gleichungen zur Lösung des Gleichungssystems aufgestellt werden. Für jedes Geberradsegment steht nach Lösen des Gleichungssystems der differentielle Geberradfehler δ' nach Gleichung (3) zur Verfügung, woraus nach Gleichung (5) die korrekte Winkelgeschwindigkeit ϕ ermittelt werden kann.

[0041] Die beschriebene Erfindung sollte nicht auf die vorstehend ausgeführten Ausführungsbeispiele beschränkt werden, sondern kann in viele andere Richtungen modifiziert werden, ohne das vom Geist der Erfindung abgewichen wird.

Bezugszeichenliste

1 Geberrad	
2 Sensor	
3 Auswerteeinheit	
ϕ Winkelgeschwindigkeit	
$\dot{\phi}$ Mittlere Winkelgeschwindigkeit	
Δz Zahnteilung	
Δt Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahnsegmenten	
$\dot{\phi}_e$ gemessene (fehlerbehaftete) Winkelgeschwindigkeit	
E_{kin} kinetische Energie der Kurbelwelle	
\tilde{E} drehzahlabhängiger, kurbelwinkelunabhängiger Anteil der kinetischen Energie der Kurbelwelle	
E_{03} konstanter Energieanteil bei konstantem Umgebungs- und Abgasgegendruck	
E_{013} konstanter Energieanteil bei Saugrohrdruck, konstantem Umgebungs- und Abgasgegendruck	
Θ Massenträgheitsmoment der Kurbelwelle	
$\bar{\Theta}$ mittleres Massenträgheitsmoment der Kurbelwelle	
G_{Saug} kurbelwinkelabhängiger Proportionalitätsfaktor für den zum Saugrohrdruck proportionalen Energieanteil	
G_{Abgas} kurbelwinkelabhängiger Proportionalitätsfaktor für den zum Abgasgegendruck proportionalen Energieanteil	
G_0 kurbelwinkelabhängiger Proportionalitätsfaktor für den zum Umgebungsdruck proportionalen Energieanteil	
p_{Saug} Saugrohrdruck	
p_{Abgas} Abgasgegendruck	
p_0 Umgebungsdruck	
δ' differentieller Geberradfehler	
E_{Neben} Energieanteil der Nebenmomente	
M_{Neben} Wechselanteil der Nebenmomente	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Identifikation des Geberradfehlers, insbesondere eines Kurbelwellengeberrades einer Brennkraftmaschine, wobei ein relativ zum Geberrad (1) feststehender Sensor (2) die Segmente des Geberrades (1) abtastet und aus der aufgenommenen Pulsfolge für jedes Geberradsegment eine Winkelgeschwindigkeit berechnet wird, wobei die Fehleridentifikation im Schubetrieb des Motors erfolgt und ausgehend von der kinetischen Energie der Kurbelwelle

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \Theta \dot{\varphi}^2$$

für jedes Segment des Gebirrades ein Fehlerwert aus der Verfahrensgleichung

$$\tilde{E} + G_{Saug} \cdot p_{Saug} + G_{Abgas} \cdot p_{Abgas} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

ermittelt wird, wobei:

$\dot{\varphi}_e$ die gemessene, fehlerbehaftete Winkelgeschwindigkeit ist und der Fehlerwert δ' vorzugsweise als differentieller Winkelfehler mit $\dot{\varphi}_e = \dot{\varphi}(1 - \delta')$ definiert ist

Θ das Massenträgheitsmoment der Kurbelwelle ist

die kinetische Energie in einen über dem Kurbelwinkel konstanten, drehzahlabhängigen Anteil \tilde{E} und einen gasmomentabhängigen Anteil E_p zu $E_{kin} = \tilde{E} + E_p$ aufgeteilt wird

der Anteil \tilde{E} über eine Kurbelwellenumdrehung gemittelten Winkelgeschwindigkeit $\tilde{\dot{\varphi}}$ und dem mittleren Massenträgheitsmoment $\tilde{\Theta}$ zu

$$\tilde{E} = \frac{1}{2} \tilde{\Theta} \tilde{\dot{\varphi}}^2$$

berechnet wird

der Anteil E_p sich als Summe aus einem zum Saugrohrdruck p_{Saug} , zum Abgasgegendruck p_{Abgas} und zum Atmosphärendruck p_0 proportionalen Anteil zu $E_p = G_{Saug} \cdot p_{Saug} + G_{Abgas} \cdot p_{Abgas} + G_0 \cdot p_0$ ergibt

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Ermittlung des Fehlerwertes, aus den Motorparametern berechenbaren Parameter G_{Saug} , G_{Abgas} , G_0 einzeln oder gemeinsam durch Lösen eines Gleichungssystems mit n Unbekannten durch n-fache Messung in verschiedenen Drehzahlbereichen bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Abgasgegendruck p_{Abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Funktion G_{Saug} berechnet wird und die Unbekannten E_{03} und δ' durch zwei Messungen bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Saugrohrdruck p_{Saug} , der Abgasgegendruck p_{Abgas} und der Umgebungsdruck p_0 konstant gehalten werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieanteil kurbelwinkelperiodischer Nebenmomente aus dem Wechselanteil \tilde{M}_{Neben} des Nebenmoments M_{Neben} durch Integration über den Kurbelwinkel φ :

$E_{Neben} = \int \tilde{M}_{Neben} d\varphi$ berechnet und in die Verfahrensgleichung folgendermaßen eingeht

$$\tilde{E} + E_{Neben} + G_{Saug} \cdot p_{Saug} + G_{Abgas} \cdot p_{Abgas} + G_0 \cdot p_0 = \frac{1}{2} \Theta \frac{\dot{\varphi}_e^2}{(1 - \delta')^2}$$

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

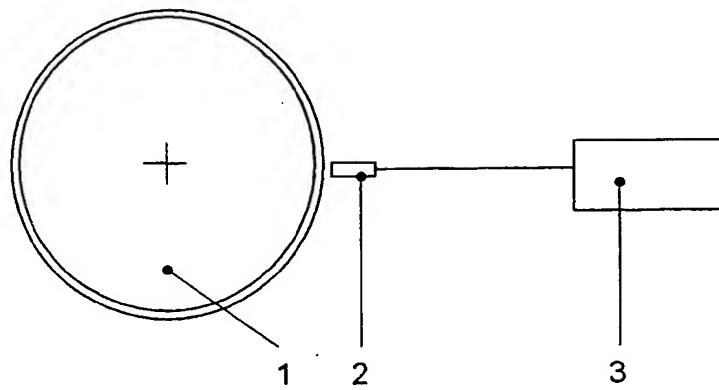


Fig. 2

